

Karakteristik dan Teknik Rehabilitasi Lahan Pasca Penambangan Timah di Pulau Bangka dan Singkep

Post-mining Land Characteristics and Rehabilitation Technique in Bangka and Singkep Islands

SANTUN R.P. SITORUS¹, E. KUSUMASTUTI², DAN L. NURBAITI BADRI³

ABSTRAK

Lahan pasca penambangan umumnya mempunyai sifat fisik dan kimia yang kurang baik sebagai media tumbuh untuk tanaman. Tujuan penelitian ini adalah: (1) mempelajari karakteristik dan perubahan alami sifat fisik dan kimia tanah serta vegetasi alami pada empat tingkat umur tailing setelah penambangan; (2) mempelajari teknik rehabilitasi lahan pasca tambang timah untuk tanaman kehutanan, (3) mempelajari pengaruh pemberian amelioran terhadap sifat fisik, kimia, dan kadar logam berat tanah pada empat tingkat umur tailing setelah penambangan. Analisis sifat tailing dan vegetasi alami di lapangan dilakukan pada empat tingkat umur tailing (1, 6, 16, 25 tahun) serta dua percobaan Rumah Kaca dilaksanakan yaitu (1) tailing dari Sungai Liat Bangka, dengan pemberian amelioran bahan organik dan bahan tanah mineral dengan tanaman jati (*Tectona grandis*), dan (2) tailing dari Dabo Singkep, dengan rekayasa media tanam berupa tailing + kompos 9:1, tailing + pupuk kandang 9:1 dan tailing sebagai kontrol, pemberian inokulan Cendawan *Mikoriza arbuskula* (CMA) dengan tanaman kehutanan akasia (*Acacia auriculiformis*), gamal (*Gliricidia maculata*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dan sengon atau jeungjing (*Paraserianthes falcataria*). Hasil penelitian menunjukkan penambangan timah secara umum menurunkan kualitas tanah dan jumlah jenis vegetasi alami. Tailing pasca penambangan timah di Sungai Liat Bangka mempunyai sifat fisik dan kimia tanah yang buruk, dan cenderung membaik seiring dengan bertambah lamanya waktu setelah penambangan. Jumlah jenis vegetasi alami meningkat dengan bertambahnya umur tailing setelah penambangan. Hasil penelitian rumah kaca pertama menunjukkan tanggap tanaman jati terbaik pada jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral sedangkan faktor proporsi amelioran yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang nyata pada ketiga taraf. Kadar dan serapan logam berat tanaman jati dipengaruhi oleh jenis dan proporsi amelioran. Hasil penelitian rumah kaca kedua menunjukkan perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap diameter tajuk, lebar daun, panjang akar dan lingkaran batang tanaman. Teknik rehabilitasi terbaik adalah kombinasi antara pemberian pupuk kandang, inokulan mikoriza dan tanaman lamtoro (*L. leucocephala*). Sifat tanah dan kadar logam berat tanah dipengaruhi secara nyata oleh pemberian amelioran dan tingkat umur tailing. Kadar pasir dan liat dipengaruhi secara nyata oleh tingkat umur tailing. Sifat kimia tanah dipengaruhi secara nyata oleh umur tailing, jenis dan proporsi amelioran. Kadar Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn tanah nyata dipengaruhi oleh umur tailing dengan kadar tertinggi pada tailing umur 6 tahun.

Kata kunci : Lahan pasca tambang timah, Karakteristik, Rehabilitasi, Amelioran, Tanaman kehutanan, Inokulan cendawan *Mikoriza arbuskula*

ABSTRACT

Post-mining land has generally unfavourable characteristics for a growing media for crops. The objectives of the present study were: (1) to study natural changing of soil physical and chemical properties and natural vegetation of four different ages of tailing, (2) to study rehabilitation technique of post mining tailing for forest crops, and (3) to study effects of ameliorant on soil physical and chemical properties, and heavy metal content on four different ages of tailing. Analysis of tailing characteristics, in situ natural vegetation analysis and two sets of green house experiments had been done. The two greenhouse experiments comprise: (1) tailing from Sungai Liat Bangka with two factors, those are three level applications of organic matter and mineral soil with teak as an indicator plant and (2) tailing from Dabo Singkep with treatments: tailing + compost 9:1, tailing + animal manure 9:1 and tailing as control, CMA inoculant and forest trees akasia (*Acacia auriculiformis*), gamal (*Gliricidia maculata*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) and sengon or jeungjing (*Paraserianthes falcataria*). The result showed that: generally, tin mining reduce soil quality and number of natural vegetation. The soil characteristics and number of vegetation are generally increase (getting better) with time. The first greenhouse experiment showed that the best response of teak plant was under combination of organic mater and soil mineral whereas ameliorant proportion factor is not significantly different. The second greenhouse experiment showed that the treatments were significantly influencing canopy diameter, leaf number, root length and tree trunk circle, respectively. The best rehabilitation technique was combination of animal manure, mycorrhizal inoculants treatments and lamtoro (*L. leucocephala*). Soil characteristics and heavy metal contents were significantly influenced by ameliorant and tailing ages. Soil chemical properties were significantly influenced by tailing age, types and proportions of ameliorant. The Fe, Mn, Cu, Pb, and Sn of soil were significantly influenced by tailing ages and the highest was on the six years tailing.

Keywords : Tin post-mining land, Characteristic, Rehabilitation, Ameliorant, Forest vegetation, CMA inoculant

- 1 Guru Besar Fakultas Pertanian dan Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- 2 Staf pada Direktorat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Mineral, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.
- 3 Staf pada Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup, Pemda Kota Depok.

PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan timah pada umumnya menggunakan lahan yang luas, memanfaatkan sumberdaya tak terbarukan, menghasilkan banyak limbah dan menciptakan lahan terdegradasi sehingga lahan menjadi tidak produktif (Barrow, 1991; Sitorus, 2002). Penambangan timah di Sungai Liat Bangka dan Dabo Singkep umumnya dilakukan secara terbuka (*open mining*) dengan cara tambang semprot serta penggalian dan pemindahan lapisan atas tanah dengan menggunakan alat-alat berat. Kegiatan ini berdampak buruk terhadap kualitas lingkungan, mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, menurunkan kesuburan tanah, meningkatkan erosi, merubah iklim mikro, mencemari perairan dengan adanya logam berat dan tanah menjadi terdegradasi dalam jangka panjang (PT. Tambang Timah, 1991; Ripley *et al.*, 1996; Latifah, 2000).

Rehabilitasi lahan diperlukan untuk memperbaiki lingkungan lahan pasca penambangan dengan penghijauan/*regreening* dengan tanaman non konsumtif terutama bila terdapat logam berat yang relatif tinggi dan berbahaya untuk kesehatan manusia. Pemilihan tanaman diutamakan jenis yang mampu tumbuh dalam kondisi buruk dan cepat tumbuh (Tala'ohu *et al.*, 1998).

Sifat fisik dan kimia tanah pada lahan pasca penambangan umumnya kurang baik, sehingga dalam rehabilitasi perlu upaya mengatasi kendala tersebut (PT. Tambang Timah, 1991). Kendala fisik misalnya struktur tanah rusak, tekstur kasar (dominan pasir), peka terhadap erosi, dan kemampuan memegang air rendah. Kendala kimia misalnya rendahnya pH dan kapasitas tukar kation, kejenuhan aluminium (Al), kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi, miskin unsur hara dan bahan organik serta adanya kandungan logam berat yang relatif tinggi (Tim Pusat Penelitian Tanah, 1987; Amriwansyah, 1990). Sifat-sifat ini pada umumnya membaik dengan meningkatnya umur tailing setelah penambangan (Saptaningrum, 2001).

Perbaikan sifat fisik dan kimia dapat dilakukan dengan penambahan amelioran tanah seperti bahan organik, bahan tanah mineral, kapur atau fosfat

alam, pupuk kandang, abu bakaran dan inokulasi mikoriza (PT. Tambang Timah, 1991; Tala'ohu *et al.*, 1998; Sitorus, 2007).

Tujuan penelitian adalah: (1) mempelajari karakteristik dan perbedaan alami sifat fisik dan kimia tanah serta vegetasi alami pada empat tingkat umur tailing setelah penambangan; (2) mempelajari teknik rehabilitasi lahan pasca tambang timah untuk tanaman kehutanan, (3) mempelajari pengaruh pemberian amelioran terhadap sifat fisik, kimia dan kadar logam berat tanah pada empat tingkat umur tailing setelah penambangan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu

Penelitian dilakukan di empat lokasi pasca penambangan timah di Sungai Liat Kabupaten Bangka Induk Provinsi Bangka Belitung dan tailing dari Bukit Setajam, Kecamatan Dabo Singkep Kabupaten Kepulauan Riau, Provinsi Riau.

Penelitian dilakukan dari bulan Juni 2002 hingga September 2003. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor dan Balai Besar Hasil Industri Pertanian (Balai Besar Agro, Deperindag), Bogor. Analisis Mikoriza dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Kehutanan dan Lingkungan Pusat Riset IPB. Identifikasi nama botani vegetasi alami dilakukan di Laboratorium "Herbarium Bogoriense", LIPI Bogor. Penanaman dilakukan di Rumah Kaca Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Percobaan I) dan Rumah Kaca Balai Pengembangan dan Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, Bogor (Percobaan II).

Bahan penelitian

Penelitian menggunakan tailing penambangan timah dari dua lokasi, yaitu (1) Sungai Liat, Kabupaten Bangka Induk dari empat tingkat umur

setelah penambangan yaitu 1, 6, 16, dan 25 tahun (T1, T6, T16, dan T25) dari lokasi Wilayah Pengawasan Produksi I PT. Timah (Wasprod I) Sungai Liat, dan (2) Bukit Setajam, Kecamatan Dabo Singkep, Kabupaten Kepulauan Riau, Provinsi Riau dengan umur tailing 13 tahun setelah penambangan. Bahan organik berupa kotoran ayam berasal dari peternakan ayam petelur di Rumpin, Bogor; bahan tanah mineral dari Desa Pemali, Sungai Liat, Bangka; fosfat alam dari Cileungsi, Bogor sebagai pupuk dasar; bibit jati (kultur jaringan) dengan nama komersial Jati Emas dari BIOTROP Bogor; Inokulum Mikoriza dan bibit akasia, gamal, lamtoro, sengan dari Laboratorium Bioteknologi Kehutanan dan Lingkungan, Pusat Riset IPB; fungisida dan insektisida, contoh tanah komposit, dan jaringan tanaman untuk analisis laboratorium.

Metode penelitian

Metode yang digunakan adalah Metode Analisis Vegetasi, yaitu menghitung jumlah jenis vegetasi alami yang ada pada tiap lokasi pengambilan tailing dan tanah asli. Pada setiap lokasi dilakukan *sampling* dengan membuat petakan berukuran 1 x 1 m² sepanjang jalur 10 meter. Pengulangan sebanyak lima kali untuk tiap lokasi. Vegetasi yang tidak diketahui namanya diambil sampel untuk diidentifikasi di Laboatorium "Herbarium Bogoriense". Selanjutnya dilakukan tabulasi dan penghitungan jumlah jenis vegetasi alami.

Teknik rehabilitasi dilakukan dengan percobaan rumah kaca

Percobaan rumah kaca I

Percobaan rumah kaca I menggunakan tailing dari Sungai Liat Bangka menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis amelioran: bahan organik/kotoran ayam, tanah mineral dan campurannya (A) dengan tiga takaran (A1, A2, A3), dan faktor kedua adalah perbandingan/proporsi amelioran dan tailing dengan tiga takaran (B1, B2, B3). Sebagai kelompok adalah

umur tailing yaitu 1, 6, 16, dan 25 tahun setelah penambangan (T1, T6, T16, dan T25) (Tabel 1). Masing-masing diulang sebanyak dua ulangan. T0 merupakan kontrol tanah asli yang belum mengalami penambangan dan B0 adalah kontrol kelompok umur tanpa pemberian amelioran. Dengan demikian terdapat 3 x 3 x 4 x 2 ulangan = 72 unit percobaan, ditambah 1 x 2 ulangan tanah asli = 2, dan 4 umur tailing x 2 ulangan = 8 sebagai kontrol. Jumlah keseluruhan unit percobaan adalah 82. Media tumbuh (tanah, tailing, dan campurannya) dimasukkan kedalam kantong polibag setara dengan 5 kg berat kering mutlak (BKM). Tanaman indikator adalah bibit jati (*Tectona grandis*) hasil kultur jaringan.

Tabel 1. Perlakuan pada percobaan rumah kaca I

Table 1. Treatment for greenhouse experiment I

Kode perlakuan	Kode perlakuan
A1 = Amelioran bahan organik /kotoran ayam saja	B1 = Perbandingan amelioran:tailing = 1:4
A2 = Amelioran tanah mineral saja	B2 = Perbandingan amelioran:tailing = 2:3
A3 = Amelioran bahan organik + tanah mineral	B3 = Perbandingan amelioran:tailing = 3:2
T1 = Tailing umur ± 1 tahun setelah penambangan	T0 = Tanah asli sebagai kontrol
T6 = Tailing umur ± 6 tahun setelah penambangan	B0 = Perbandingan amelioran:tailing = 0:5 (sebagai kontrol umur tailing)
T16 = Tailing umur ± 16 tahun setelah penambangan	
T25 = Tailing umur > 25 tahun setelah penambangan	

Tailing untuk media tumbuh disiapkan dengan mencampur kotoran ayam dan bahan tanah mineral sesuai perlakuan, kemudian ditambahkan pupuk dasar fosfat alam dan diinkubasi 14 hari selama bibit jati diaklimatisasi. Bibit jati diaklimatisasi pada waktu ± 1 bulan sebelum penanaman di polibag. Campuran amelioran (kotoran ayam, tanah mineral) dan tailing diberikan pada tiap polibag dengan takaran sesuai perlakuan, dengan cara mencampur hingga merata kemudian dimasukkan ke polibag seberat setara 5 kg BKM sesuai perlakuan. Ukuran polibag yang digunakan adalah 40 x 40 cm berjumlah 82 buah.

Tanaman indikator adalah satu tanaman jati emas per polibag yang dipindahkan setelah berumur ± 30 hari setelah aklimatisasi. Pemeliharaan tanaman meliputi: penyulaman, penyiraman, pemupukan, penyiangan gulma, penyemprotan dengan insektisida dan fungisida.

Parameter sifat tanah yang dianalisis adalah tekstur tanah (kadar pasir, debu dan liat), C-Organik, kapasitas tukar kation (KTK), kation dapat ditukar (Ca, Mg, K, Na), pH tanah, dan logam berat Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn. Pengamatan terhadap tanaman setiap dua minggu, meliputi tinggi tanaman dan diameter batang. Analisis jaringan tanaman menggunakan seluruh tanaman (tajuk dan akar) secara komposit untuk tiap perlakuan, untuk melihat kadar dan serapan logam berat Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn tanaman.

Analisis data dengan menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilanjutkan dengan Uji Nilai Tengah Duncan terhadap perlakuan yang mempunyai pengaruh nyata.

Percobaan rumah kaca II

Percobaan rumah kaca II menggunakan tanah/tailing pasca tambang dari Dabo Singkep dengan umur 13 tahun. Adapun perlakuan yang diberikan adalah : (1) tiga jenis media tanam (tailing sebagai kontrol, tailing dengan pupuk kompos 9:1, dan tailing dengan pupuk kandang 9:1); (2) menggunakan inokulan mikoriza CMA dan tidak menggunakan inokulan mikoriza CMA; (3) empat jenis tanaman kehutanan yaitu akasia (*Acacia auriculiformis*), gamal (*Gliricidia maculata*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dan sengon atau jeungjing (*Paraserianthes falcataria*).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Percobaan dilakukan dengan menggunakan lima ulangan, sehingga terdapat $3 \times 2 \times 4 \times 5 = 120$ unit percobaan. Parameter pertumbuhan tanaman yang diukur adalah: tinggi tanaman (cm), diameter tajuk (cm), jumlah daun, panjang akar (cm), lingkaran batang

(cm), dan berat kering total (g). Pengukuran dimulai pada saat tanaman berumur dua minggu setelah tanam (MST) dan dilakukan secara berkala setiap dua minggu selama tiga bulan, kecuali pengukuran tinggi tanaman dimulai pada 0 MST.

Analisis data dilakukan dengan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilanjutkan dengan Uji Nilai Tengah Duncan terhadap perlakuan yang mempunyai pengaruh nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dan perbedaan vegetasi alami dan sifat tanah pada empat tingkat umur tailing

Proses penambangan menurunkan jumlah jenis vegetasi alami di lokasi penambangan dibandingkan dengan jumlah jenis vegetasi alami pada tanah asli (17 jenis). Semakin lama umur tailing, jumlah jenis vegetasi alami semakin meningkat hingga mencapai 76,47% dari vegetasi tanah asli pada tailing umur 25 tahun. Nama dan jumlah vegetasi alami pada tiap lokasi pengambilan sampel tailing tertera pada Lampiran 1.

Karakteristik sifat fisik, kimia, dan kadar logam berat tanah serta vegetasi alami pada empat tingkat umur tailing dan tanah asli disajikan pada Tabel 2 dan Lampiran 1.

Tanah asli/TO mempunyai tekstur liat dengan kadar pasir 21%, debu 28%, dan liat 71%, sedangkan tailing timah pada semua tingkat umur mempunyai tekstur pasir dengan kadar pasir di atas 90%. Kadar pasir tertinggi dijumpai pada tailing T1 dan terendah pada T6. Kadar pasir pada semua tingkat umur tailing sangat tinggi tetapi tidak menunjukkan pola perubahan tertentu. Berbeda dengan kadar pasir, kadar debu dan kadar liat tailing sangat rendah dibandingkan tanah asli. Hasil ini sejalan dengan penelitian PT. Tambang Timah (1991) yang menunjukkan bahwa tailing hingga berumur lebih dari 40 tahun sifat fisiknya masih belum dapat menyamai tanah asli. Tekstur tanah tidak berubah

Tabel 2. Karakteristik sifat fisik, kimia, dan kadar logam berat tanah serta vegetasi alami pada empat tingkat umur tailing, tanah asli, dan kotoran ayam*Table 2. Chemical and physical characteristics, heavy metal content, and natural vegetation of the four different ages of tailing, original soils, and poultry manure*

Parameter	Kelompok	Tingkat umur tailing *				
	T0	T1	T6	T16	T25	Kotoran ayam
a. Vegetasi alami						
Jumlah jenis **	17	0	9	10	13	
b. Sifat fisik						
Kadar pasir (%)	21	96	92	93	94	
Kadar debu (%)	8	0	2	1	2	
Kadar liat (%)	71	4	6	6	4	
Kelas tekstur	Liat	Pasir	Pasir	Pasir	Pasir	
c. Sifat kimia						
pH	4,4	3,6	4,2	4,6	4,7	
KTK (me 100g ⁻¹)	5,61	0,23	0,19	0,19	0,19	
Total Basa-basa (me 100g ⁻¹)	0,86	0,47	0,49	0,43	0,46	
Kadar N total (%)	0,13	0,02	0,02	0,02	0,01	1,01
Kadar C- Organik (%)	1,79	0,17	0,16	0,26	0,10	30,22
P tersedia (Bray I) (ppm)	1,4	2,8	3,4	3,9	2,3	
K tersedia (Morgan)(ppm)	24,2	4,9	19,1	9,6	19,5	
C _{add} NH ₄ -Ac (me 100g ⁻¹)	0,42	0,25	0,10	0,25	0,20	
Mg _{dd} NH ₄ -Ac (me 100g ⁻¹)	0,20	0,14	0,16	0,16	0,16	
K _{dd} NH ₄ -Ac (me 100g ⁻¹)	0,05	0,01	0,04	0,02	0,04	
Na _{add} NH ₄ -Ac (me 100g ⁻¹)	0,19	0,07	0,19	0,00	0,06	
P ₂ O ₅ total (%)						4,51
Ca total (%)						3,22
Mg total (%)						0,48
Kadar logam berat ppm					
Besi (Fe)	46.191	3.040	159	650	2960	
Mangan (Mn)	83,3	15,8	2,7	4,8	34,8	
Tembaga (Cu)	19,9	1,9	0,6	1,2	4,2	
Timbal (Pb)	23,78	6,29	2,77	2,19	4,95	
Timah putih (Sn)	0,25	0,25	0,52	0,22	0,32	

Keterangan :

- * T0 = Tanah asli/belum ditambang
 T1 = Tailing umur 1 tahun setelah penambangan
 T6 = Tailing umur 6 tahun setelah penambangan
 T16 = Tailing umur 16 tahun setelah penambangan
 T25 = Tailing umur 25 tahun setelah penambangan

** Data jumlah jenis vegetasi alami didapat dari pengamatan di lapangan (lihat Lampiran 1)

dengan waktu karena sifatnya yang sulit berubah secara alami. Selain itu, tanah di Sungai Liat Bangka umumnya terbentuk dari hasil pelapukan granit yang menghasilkan tanah bertekstur kasar (PT. Tambang Timah, 1991). Penambangan timah membuat tanah menjadi hamparan tailing bertekstur kasar dari tanah asli bertekstur halus.

pH tailing pada T1 mengalami penurunan dibandingkan tanah asli, tetapi dengan waktu,

mengalami peningkatan dan pH tailing umur 25 tahun (T25) lebih tinggi dari tanah asli. Tailing umur 1 dan 6 tahun mempunyai pH sangat masam, kemudian mengalami peningkatan hingga nilai pH menjadi masam (4,7) hingga umur tailing 25 tahun.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa KTK tanah asli termasuk rendah yaitu sebesar 5,61 dan menurun pada seluruh tingkat umur setelah penambangan. Secara keseluruhan tailing mempunyai nilai KTK

yang sangat rendah (kurang dari $5,0$ me 100g^{-1}) yaitu berkisar dari $0,19$ hingga $0,23$ me 100g^{-1} . Tailing umur 6 hingga 25 tahun KTK-nya lebih rendah dari tailing umur 1 tahun.

Kapasitas tukar kation yang sangat rendah ini sejalan dengan berbagai hasil penelitian yang telah dilakukan pada tanah Bangka (Tim PPT, 1987; Amriwansyah, 1990; Saptaningrum, 2001) karena KTK dari awalnya (tanah asli) memang sangat rendah ($0,43$ - $0,86$ me 100g^{-1}). KTK menurun setelah penambangan hingga tailing berumur 25 tahun. Dengan demikian KTK relatif sulit untuk kembali ke keadaan seperti semula. Bahkan setelah lebih dari 40 tahun, KTK hanya mencapai nilai rata-rata $3,9$ me 100g^{-1} dari keadaan KTK tanah awal $6,9$ hingga $11,3$ me 100g^{-1} (PT. Tambang Timah, 1991).

Kadar C-organik tanah asli tergolong rendah, tetapi tertinggi dibandingkan dengan tailing pada semua tingkat umur. Rendahnya kadar C-organik tailing diduga karena proses penambangan menyebabkan terkikis dan tercucinya bahan organik serta kehilangan kandungan liat dan bahan penyemen lain yang berfungsi sebagai pengikat bahan organik dengan butir-butir tanah lainnya. Kadar logam berat tailing mengalami penurunan setelah penambangan dan secara berangsur-angsur meningkat dengan lamanya umur tailing.

Percobaan rumah kaca I

Tanggap tanaman jati (Tectona grandis) terhadap pemberian jenis dan proporsi amelioran

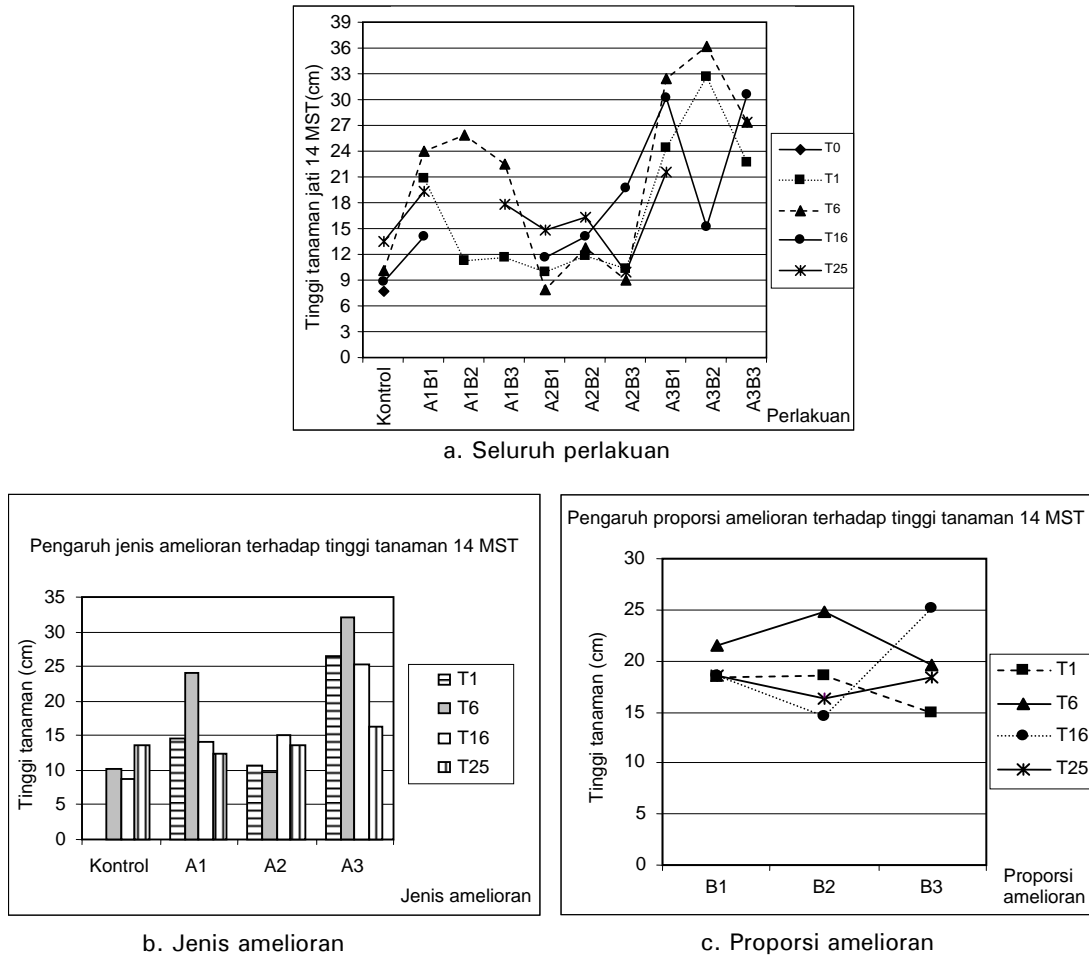
Tinggi tanaman dan diameter batang jati umur 14 MST

Pengaruh pemberian jenis amelioran (bahan organik saja, tanah mineral saja serta campuran bahan organik dan tanah mineral) dan proporsi tailing :amelioran (1:4, 2:3 dan 3:2) diamati pada parameter pertumbuhan tanaman jati yaitu tinggi tanaman dan diameter batang pada pengamatan 14 MST (Gambar 1). Tailing pada tingkat umur 6 tahun (T6) mempunyai tinggi tanaman yang tertinggi

terutama pada perlakuan jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral (A3) dan amelioran bahan organik saja (A1), sedangkan pada perlakuan jenis amelioran tanah mineral saja (A2) tailing T25 dan T16 yang mempunyai pengaruh terbaik terhadap tinggi tanaman.

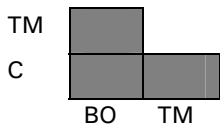
Semua kelompok umur setelah penambangan cenderung memiliki pola yang sama yaitu pada perlakuan jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral (A3) mempunyai nilai rata-rata tertinggi ($27,56$ cm) diikuti bahan organik (A1) dengan rata-rata $18,98$ cm dan terendah pada jenis amelioran tanah mineral (A2) setinggi $12,31$ cm. Nilai tengah jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral (A3) lebih tinggi dan berbeda secara nyata pada taraf 1% dengan jenis amelioran yang lain. Apabila dilihat dari pengaruh faktor jenis ameliorannya saja, pengaruh terbaik pada tinggi tanaman terdapat pada perlakuan A3 untuk semua tingkat umur disusul A1 dan terendah pada A2. Jenis amelioran A3 merupakan amelioran campuran yang mempunyai pengaruh lebih baik terhadap tanah, sifat fisik dan kimia. Adanya tanah mineral akan meningkatkan kadar liat pada tailing, sedangkan bahan organik menyumbangkan unsur hara yang dapat memperbaiki sifat kimia tailing dan sebagai bahan pengikat partikel dan agregat mikro yang memperbaiki struktur tanah sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Hasil pengujian berpasangan jenis amelioran terhadap nilai tengah tinggi tanaman dengan uji Duncan disajikan pada Gambar 2.

Hasil pengujian nilai tengah menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada 14 MST, ketiga jenis amelioran saling berbeda nyata dengan nilai tengah terendah pada A2 kemudian A1 dan tertinggi pada A3, sedangkan pada perlakuan proporsi amelioran ketiga taraf tidak berbeda nyata. Nilai rata-rata tertinggi dijumpai pada proporsi amelioran:tailing = 2:3 (B2) sebesar $19,88$ cm, diikuti dengan proporsi 1:4 (B1) sebesar $19,14$ cm dan terendah pada proporsi 3:2 (B3) sebesar $18,55$ cm.



Gambar 1. Pengaruh pemberian jenis amelioran dan proporsi amelioran terhadap tinggi tanaman 14 MST pada empat tingkat umur tailing dan tanah asli

Figure 1. Influence of type and proportion of ameliorant on 14 weeks after planting crop height at the four ages of tailing and original soils



Keterangan :

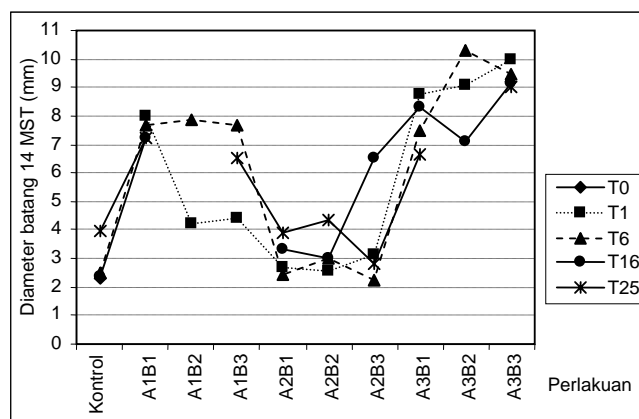
- BO = Bahan organik (A1)
- TM = Tanah mineral (A2)
- CO = Campuran BO-TM (A3)

Gambar 2. Hasil pengujian berpasangan jenis amelioran untuk tinggi tanaman 14 MST

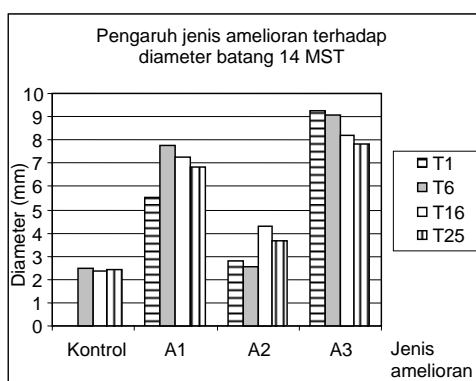
Figure 2. Pair test result of ameliorant types for crop height 14 weeks after planting

Taraf pada proporsi amelioran tidak secara nyata meningkatkan rata-rata tinggi tanaman karena terbukti tinggi tanaman pada B3 dengan tiga bagian amelioran mempunyai nilai paling kecil. Untuk parameter tinggi tanaman terbaik adalah proporsi tailing:amelioran dengan perbandingan dua bagian amelioran dengan tiga bagian tailing, meskipun secara statistik perbedaannya tidak nyata.

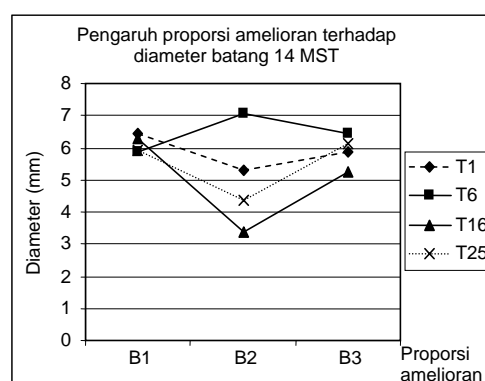
Gambar 3 menyajikan rata-rata diameter tanaman pada pengamatan 14 MST. Pola yang sama cenderung terjadi untuk semua tingkat umur setelah



a. Seluruh perlakuan



b. Jenis amelioran



c. Proporsi amelioran

Gambar 3. Pengaruh pemberian jenis amelioran dan proporsi amelioran terhadap diameter batang tanaman umur 14 MST pada empat tingkat umur tailing dan kontrol tanah asli

Figure 3. Influence of types and proportion of ameliorant for trunk diameter 14 weeks after planting at four ages of tailing and original soil

penambahan yaitu pada perlakuan jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral (A3) mempunyai nilai rata-rata diameter batang tertinggi (8,76 mm) diikuti bahan organik (A1) dengan rata-rata 6,91 mm dan terendah pada jenis amelioran tanah mineral (A2) sebesar 3,33 mm. Diameter batang jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral (A3) lebih tinggi dan berbeda sangat nyata (dengan taraf kepercayaan 1%) dengan jenis amelioran yang lain.

Hasil pengujian berpasangan jenis amelioran terhadap nilai tengah diameter tanaman dengan uji Duncan menunjukkan bahwa diameter tanaman pada

14 MST, ketiga jenis amelioran ini saling berbeda nyata dengan nilai tengah terendah pada A2 (tanah mineral) kemudian A1 (bahan organik) dan tertinggi pada A3 (amelioran campuran bahan organik-tanah mineral).

Pada perlakuan proporsi amelioran, ketiga faktor/tafak tidak berbeda nyata dengan nilai rata-rata diameter tertinggi pada proporsi amelioran:tailing = 2:3 (B3) sebesar 6,45 mm, diikuti dengan proporsi 1:4 (B1) sebesar 6,11 mm, dan terendah pada proporsi 2:3 (B2) sebesar 5,82 mm. Taraf pada proporsi tidak secara nyata meningkatkan rata-rata diameter tanaman meskipun diameter tanaman pada B3 bernilai paling besar.

Kadar Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn tanaman jati

Kadar Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn tanaman jati pada empat tingkat umur tailing dengan perlakuan jenis dan proporsi amelioran tertera pada Gambar 4. Besi merupakan unsur hara mikro esensial bagi tanaman. Selang kecukupan pada tanaman adalah 50-500 ppm (mg kg^{-1}) berat kering tanaman (Pais and Jones, 1997). Hasil pengukuran kadar Fe tanaman jati berkisar antara 60-3387,50 ppm. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar Fe tanaman pada tanah asli sebesar 6046,61 ppm (Gambar 4).

Tailing umur 1 tahun setelah penambangan (T1) mempunyai kadar Fe tanaman berkisar dari 140 ppm (A1B1) hingga 2.123,33 ppm. Apabila dibandingkan dengan kadar pada tanaman referensi menurut Markert (1994a) dalam Pais dan Jones (1997) seperti tertera pada Tabel 2, maka hanya perlakuan A1B1 yang berada dibawah standar. Pada T6 kadar Fe tanaman berkisar antara 167,50 (A3B3) hingga 775,00 ppm (A2B2), sehingga semua perlakuan pada T6 mempunyai kadar Fe tanaman lebih tinggi dari standar. Tailing T16 mempunyai kadar Fe tanaman berkisar dari 102,50 (A2B2) hingga 910,00 ppm (A1B3). Pada kelompok umur ini hanya tanaman dengan perlakuan A2B2 dan A3B3 yang mempunyai kadar Fe berada di bawah kadar yang dapat ditoleransi pada tanaman referensi. Pada T25 kadar Fe tanaman berkisar dari 170,00 (A2B2) hingga 1051,25 ppm (A3B3), sehingga semua berada di atas standar normal.

Unsur Mn merupakan unsur hara mikro esensial untuk tanaman. Kadar kecukupannya untuk tanaman sangat bervariasi, antara 10 - 500 mg kg^{-1} berat kering (Pais dan Jones, 1997). Kadar Mn pada tanaman referensi adalah 200 mg kg^{-1} (Tabel 3). Kadar Mn tanaman untuk seluruh perlakuan berkisar antara 22,50 - 552,50 ppm, dengan kadar Mn tanaman pada tanah asli sebesar 307,50 ppm. Pada T1 kadar Mn terendah 50,00 (A3B1) dan tertinggi 347,50 ppm (A1B3), hanya pada seluruh perlakuan A1 yang kadar Mn tanaman melebihi kadar normal. Kadar Mn tanaman pada tailing T6 berkisar dari 66,25 (A3B1) hingga 406,25 ppm (A1B3),

seperti pada T1 maka semua perlakuan A1 berada diatas standar normal, sedangkan T16 mempunyai selang kadar Mn tanaman berkisar dari 35,00 (A2B3) hingga 332,50 ppm (A1B3), dan hanya A1B2 dan A1B3 yang melebihi batas normal. Pada tailing T25 didapatkan kadar Mn tanaman berkisar antara 38,75 (A2B2) hingga 332,50 ppm (A1B1) dengan A1B1 dan A1B2 saja yang melebihi batas normal. Secara keseluruhan terdapat kesamaan bahwa pada semua tingkat umur tailing yang mempunyai kadar Mn tanaman tertinggi pada tanaman jati adalah perlakuan jenis amelioran A1 (bahan organik saja) seperti terlihat pada Gambar 4.

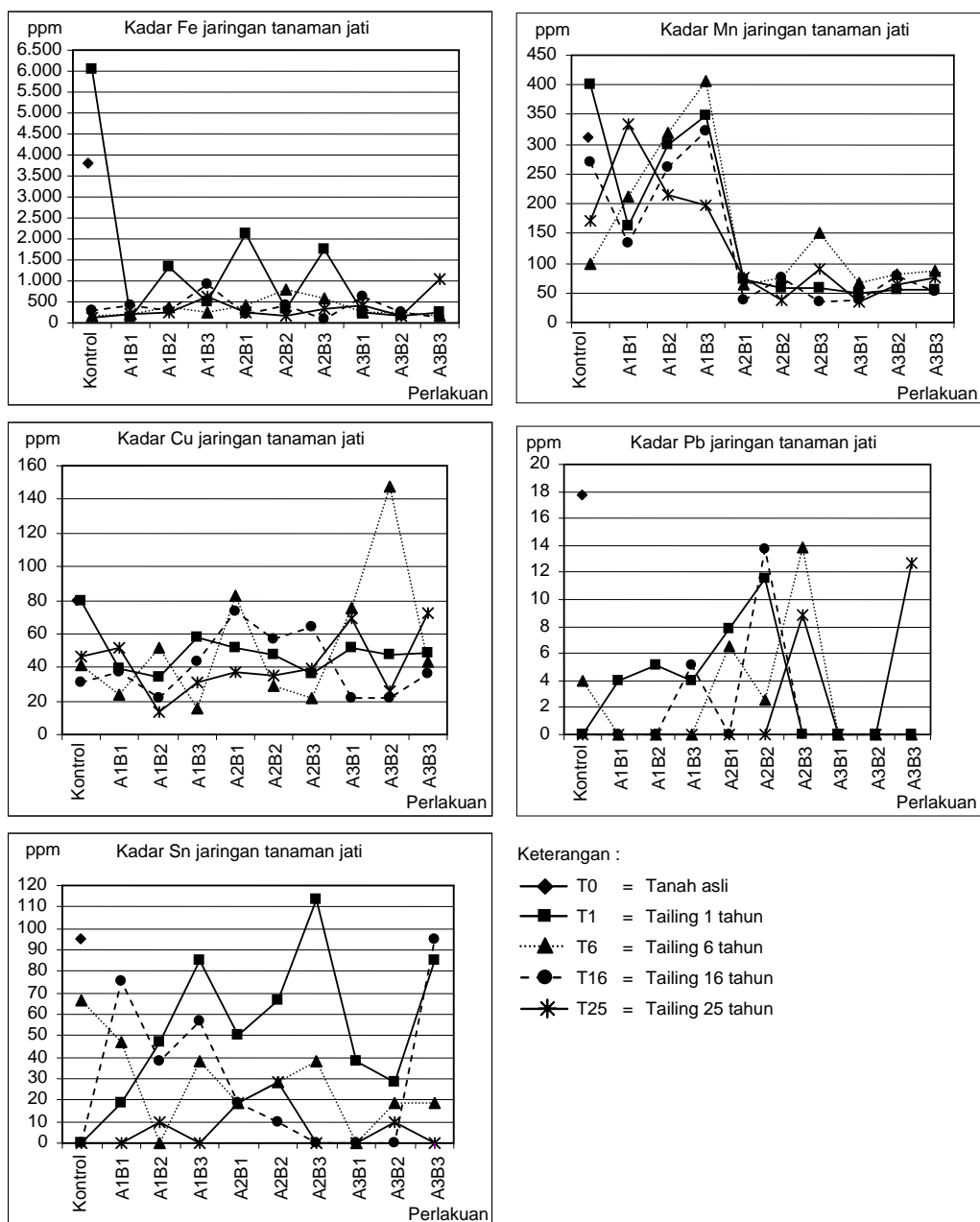
Tabel 3. Kadar logam berat yang dapat ditoleransi pada tanaman referensi (*reference plant*)*

Table 3. Heavy metal content tolerable for reference plant

No.	Unsur	mg kg^{-1}
1.	Besi (Fe)	150
2.	Mangan (Mn)	200
3.	Tembaga (Cu)	10
4.	Timbal (Pb)	1,0
5.	Timah Putih (Sn)	0,2

* Sumber : Markert (1994a) dalam Pais dan Jones (1997)

Seperti halnya Fe dan Mn maka Cu juga termasuk unsur hara mikro esensial bagi tanaman. Cu diperlukan tanaman hanya dalam jumlah yang sedikit dan akan bersifat meracuni jika kadar Cu dalam tanaman melebihi 20-30 mg kg^{-1} (Pais and Jones, 1997). Hasil analisis jaringan tanaman jati menunjukkan kadar Cu tanaman berkisar antara 2,50 - 192,50 ppm dan kadar Cu tanaman pada tanah asli sebesar 77,50 ppm (melebihi kadar normal). Rataan kadar Cu tanaman untuk semua tingkat umur tailing disajikan pada Gambar 4 dengan kadar tertinggi 147,86 ppm (A3B2 pada T6). Untuk semua tingkat umur tailing, nilai Cu tanaman melebihi standar normal sebesar 10 ppm (Tabel 2) terlihat dari kadar Cu tanaman pada T1 (33,75 - 57,50 ppm), T6 (23,75 - 147,50 ppm), T16 (21,25 - 73,75 ppm) dan pada T25 (13,75 - 72,50 ppm).



Gambar 4. Kadar logam berat Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn tanaman jati pada empat tingkat umur tailing dengan perlakuan jenis dan proporsi amelioran serta pada tanah asli (T0)

Figure 4. Heavy metals contents of jati crop at four ages of tailing with type and ameliorant portion treatments and original soil

Timbal (Pb) merupakan unsur logam berat yang tidak esensial bagi tanaman dan hewan. Pb dikenal sebagai logam berat yang toksik dan merupakan polutan utama yang diintroduksi ke atmosfer dari penggunaan bahan bakar minyak/bensin. Kadar normal bagi tanaman menurut Markert (1994a) *dalam* Pais dan Jones (1997) hanyalah sebesar 1,0 ppm. Hasil percobaan menunjukkan kadar Pb tanaman berkisar antara 0,0 - 27,75 ppm. Kadar Pb tanaman pada tanah asli adalah 17,75 ppm. Hanya terdapat sebelas (11) perlakuan yang kadar Pb tanamannya dapat terukur. Kadar Pb tanaman tertinggi pada tailing T1 yaitu A2B2 (11,50 ppm), T6 pada A2B3 (13,88 ppm), T16 pada A2B2 (13,74 ppm), dan pada T25 yaitu perlakuan A3B3 (12,75 ppm). Secara keseluruhan terlihat bahwa perlakuan A2 (jenis amelioran tanah mineral) menunjukkan kadar Pb tanaman tertinggi. Hal ini karena tanah mineral yang digunakan adalah sama dengan tanah asli dengan kadar Pb tanaman cukup tinggi (17,75 ppm). Kadar Pb 30 mg l⁻¹ pada larutan tanah akan bersifat beracun/toksik bagi tanaman, kadar 10 mg l⁻¹ pertumbuhan tanaman akan melambat dan 100 mg l⁻¹ menjadi mematikan (*lethal*). Pada beberapa tipe tanaman, timbal dapat ditemukan hingga 350 mg l⁻¹ tanpa membahayakan/merusak secara visual (Pais and Jones, 1997).

Timah putih (Sn) bukan merupakan unsur hara yang esensial bagi tanaman maupun hewan. Timah putih dapat dengan mudah diambil tanaman dari larutan hara dan terakumulasi terutama di akar tanaman. Unsur Sn ini tidak dengan mudah ditranslokasikan ke bagian atas tanaman. Kadar Sn tanaman mempunyai selang yang sangat lebar dari < 1,0 - 300 mg kg⁻¹, dengan selang normal antara 5-10 mg kg⁻¹ (Pais and Jones, 1997). Menurut Markert (1994a) *dalam* Pais dan Jones (1997) kadar normal pada tanaman referensi hanyalah sebesar 0,2 mg kg⁻¹ (Tabel 3 terdahulu). Kadar Sn tanaman pada tanah asli sebesar 94,75 ppm. Nilai ini besar karena memang belum dilakukan penambangan timah pada tanah asli, sehingga kadar Sn dalam tanah masih tinggi. Kadar Sn tanaman dari seluruh unit percobaan berkisar dari 0,0 hingga 227,25 ppm. Nilai rata-rata Sn tanaman tiap perlakuan untuk

T1 adalah 18,88 ppm (A1B1) hingga 113,63 ppm (A2B3), pada tailing T6 berkisar antara 0,0 - 47,38 ppm (A1B1), tailing T16 (0,0 - 94,63 ppm pada A3B3) serta tailing T25 antara 0,0 hingga 28,38 ppm (A2B2) seperti disajikan pada Gambar 4. Apabila dibandingkan dengan standar pada Tabel 3 maka pada T1 semua kadar Sn dalam tanaman melebihi standar normal tanaman referensi. Sebagian besar kadar Sn pada T6 melebihi batas normal, kecuali perlakuan A1B2 dan A3B1 yang bernilai nol. Pada T16, semua perlakuan A1, A2B1 dan A2B2 serta A3B3 melebihi batas normal. Tailing T25 mempunyai 4 perlakuan yang melebihi batas kadar Sn yang normal yaitu A1B2, A2B1, A2B2, dan A3B2.

Pengaruh jenis amelioran dan proporsi amelioran terhadap sifat fisik tanah setelah panen

Jenis amelioran hanya berpengaruh nyata pada kadar pasir dan debu (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil analisis sidik ragam sifat fisik tanah setelah panen

Table 4. Analysis of variance result of soil physical properties after harvesting

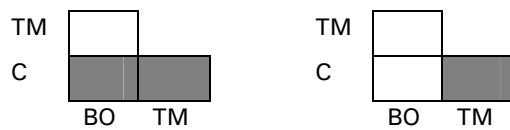
Sumber keragaman	db	F hit	P
<i>Persen pasir</i>			
Tingkat umur	3	16,31	0.0001**
Jenis amelioran	2	4,17	0.0280*
Proporsi amelioran	2	113,1	0.0001**
Jenis*proporsi	4	0	0.7963 tn
Galat	24	0,41	
Total	35		
<i>Persen debu</i>			
Tingkat umur	3	16,82	0,0001**
Jenis amelioran	2	3,41	0,0498*
Proporsi amelioran	2	55,25	0,0001**
Jenis*proporsi	4	1,96	0,1337tn
Galat	24		
Total	35		
<i>Persen liat</i>			
Tingkat umur	3	8,21	0,0006**
Jenis amelioran	2	2,94	0,0723tn
Proporsi amelioran	2	34,97	0,0001**
Jenis*proporsi	4	1,08	0,3871 tn
Galat	24		
Total	35		

*) : nyata pada taraf 5%

tn : tidak nyata

**) : sangat nyata pada taraf 1%

Pada kadar pasir ditemukan bahwa jenis amelioran A3 yaitu pemberian campuran bahan organik-tanah mineral mempunyai nilai rata-ran tertinggi (67,13%) dan berbeda nyata dibandingkan dengan kedua jenis amelioran yang lain. Rataan kadar pasir pada jenis amelioran A2 (tanah mineral) lebih tinggi dari A1 (bahan organik-tanah) meskipun tidak berbeda nyata (Gambar 5a). Kadar debu tertinggi terdapat pada rata-ran perlakuan dengan jenis amelioran tanah mineral (A2) dan hanya berbeda secara nyata dengan A3 (campuran bahan organik dan tanah mineral).



a. Persen pasir

b. Persen debu

Keterangan :

BO = Bahan organik (A1)

TM = Tanah mineral (A2)

CO = Campuran BO-TM (A3)

Gambar 5. Hasil pengujian berpasangan jenis amelioran untuk kadar pasir dan debu setelah panen akibat perlakuan pemberian amelioran pada empat tingkat umur tailing

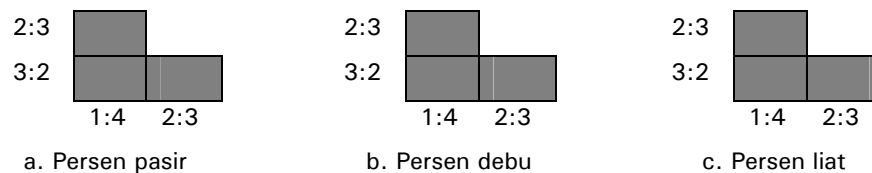
Figure 5. Pair test comparison result of sand and silt contents after harvesting as a result of ameliorant treatment at four ages of tailing

Faktor proporsi amelioran:tailing memberikan peningkatan yang sangat nyata terhadap kadar pasir, debu dan liat (Tabel 4, Gambar 6). Semakin tinggi proporsi amelioran yang diberikan, semakin tinggi kadar debu dan liat. Pada parameter kadar pasir terjadi fenomena sebaliknya yaitu dengan semakin tinggi proporsi amelioran maka kadar pasir semakin menurun. Tanah mineral dan pupuk kotoran ayam yang digunakan memberikan sumbangan terhadap meningkatnya fraksi halus tanah sehingga kadar pasir menurun. Kadar liat tanah mineral tersebut mencapai 71%, dan tergolong kelas tekstur liat.

Pengaruh jenis amelioran dan proporsi amelioran terhadap sifat kimia tanah setelah panen

Perlakuan jenis amelioran memberikan perbedaan yang sangat nyata terhadap semua parameter sifat kimia (Tabel 5).

Jenis amelioran bahan organik saja (A1) memberikan nilai rata-ran sifat kimia tertinggi dan berbeda nyata dengan ketiga umur tailing yang lain, kecuali pada parameter pH tanah. Nilai terendah sifat kimia ini (KTK, total basa, N-total, serta C-organik) dijumpai pada perlakuan jenis amelioran A2. Jenis amelioran A2 (tanah mineral) memberikan nilai pH yang tertinggi baru diikuti A3 dan pH terendah pada A1 (bahan organik).



a. Persen pasir

b. Persen debu

c. Persen liat

Keterangan :

BO = Bahan organik (A1)

TM = Tanah mineral (A2)

CO = Campuran BO-TM (A3)

Gambar 6. Hasil pengujian berpasangan proporsi amelioran terhadap kadar pasir, debu, dan liat setelah panen akibat perlakuan pemberian amelioran pada empat tingkat umur tailing

Figure 6. Pair test comparison result of ameliorant proportion to sand, silt, and clay contents after harvesting as a result of ameliorant treatment at four ages of tailing

Tabel 5. Hasil analisis sidik ragam sifat kimia tanah setelah panen akibat pemberian jenis amelioran dan proporsi amelioran pada empat tingkat umur tailing

Table 5. Analysis of variance result of soil chemical characteristics after harvesting as a result of kind and proportion of ameliorant treatments at four ages of tailing

Sumber keragaman	db	F hit	P
<i>pH</i>			
Tingkat umur	3	11,77	0,0001 **
Jenis amelioran	2	363,29	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	35,30	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	0,85	0,4991 tn
Galat	60		
Total	71		
<i>KTK</i>			
Tingkat umur	3	7,11	0,0004 **
Jenis amelioran	2	98,55	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	86,71	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	9,39	0,0001 **
Galat	60		
Total	71		
<i>Total basa-basa</i>			
Tingkat umur	3	41,99	0,0001 **
Jenis amelioran	2	140,17	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	91,23	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	20,35	0,0001 **
Galat	60		
Total	71		
<i>N Total</i>			
Tingkat umur	3	28,78	0,0001 **
Jenis amelioran	2	225,41	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	152,72	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	23,66	0,0001 **
Galat	60		
Total	71		
<i>C-organik</i>			
Tingkat umur	3	19,34	0,0001 **
Jenis amelioran	2	205,38	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	127,46	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	27,98	0,0001 **
Galat	60		
Total	71		

**) : sangat nyata pada taraf 1% tn : tidak nyata

Faktor proporsi amelioran:tailing memberikan peningkatan yang sangat nyata terhadap semua parameter sifat kimia tanah setelah panen (Tabel 5). Semakin tinggi proporsi amelioran yang diberikan akan memberikan peningkatan secara nyata terhadap nilai sifat kimia tanah. Dengan demikian proporsi amelioran terbukti dapat meningkatkan

kualitas tanah dari segi sifat kimianya terutama bila dibandingkan dengan tanah asli. Dengan semakin membaiknya sifat kimia tailing dari semua kelompok umur diharapkan dapat mendukung pertumbuhan tanaman.

Pengaruh jenis amelioran dan proporsi amelioran terhadap kadar Fe, Mn, Cu, Pb, dan Sn tanah setelah panen

Perlakuan jenis amelioran berpengaruh sangat nyata terhadap kadar Fe, Mn, Cu, dan Pb tanah setelah panen dan tidak berpengaruh nyata hanya terhadap kadar Sn (Tabel 6). Pada kadar Mn dan Cu, jenis amelioran bahan organik saja (A1) memberikan nilai rata-rata tertinggi dan saling berbeda nyata dengan dua amelioran yang lain dengan nilai terendah pada A2 (tanah mineral saja), sedangkan kadar Fe tertinggi pada jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral (A3), disusul jenis amelioran bahan organik saja (A1) dan terendah pada A2 (hanya tanah mineral). Penyebabnya diduga dari sumbangan kadar Mn dan Cu yang terdapat pada kotoran ayam yang digunakan, karena pada analisis awal tidak dianalisis kadar Mn dan Cu pada bahan organik tersebut.

Sementara kadar Fe pada bahan amelioran termasuk sangat tinggi (5690 ppm pada bahan organik dan 46191 ppm pada tanah mineral) dan telah melebihi batas normal kadar Fe tanah tidak tercemar. Menurut Pais dan Jones (1997), kadar Fe total di tanah dapat mencapai 38 g kg⁻¹ (38 000 ppm) dengan kadar Fe total dalam tanah : 50 µg l⁻¹.

Menurut Adimihardja *et al.* (2000) dalam Setyorini dan Hartatik (2003), kandungan Mn dan Cu pada pupuk kandang ayam lebih tinggi dibandingkan sapi maupun kambing. Kandungan Mn dapat mencapai 45% dan kandungan Cu = 56%, sedangkan kotoran sapi dan kambing masing-masing hanya 13 dan 37,8% Mn serta 38 dan 13,5% Cu.

Jenis amelioran tanah mineral (A2) memberikan pengaruh tertinggi terhadap kadar Pb saja. Tanah mineral (tanah asli yang belum ditambang) selain mempunyai kandungan Pb tertinggi pada analisis awal ternyata juga peranannya dominan pada semua unit percobaan.

Tabel 6. Hasil analisis sidik ragam kadar logam berat tanah setelah panen akibat pemberian jenis amelioran dan proporsi amelioran pada empat tingkat umur tailing

Table 6. Analysis of variance result of soil heavy metal content after harvesting as a result of kind and proportion of ameliorant treatments at four ages of tailing

Sumber keragaman	db	F hit	P
<i>Besi (Fe)</i>			
Tingkat umur	3	11,07	0,0001 **
Jenis amelioran	2	95,22	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	23,46	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	3,47	0,0130 *
Galat	60		
Total	71		
<i>Mangan (Mn)</i>			
Tingkat umur	3	6,76	0,0005 **
Jenis amelioran	2	189,52	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	66,92	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	27,93	0,0001 **
Galat	60		
Total	71		
<i>Tembaga (Cu)</i>			
Tingkat umur	3	6,76	0,0005 **
Jenis amelioran	2	189,52	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	66,92	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	27,93	0,0001 **
Galat	60		
Total	71		
<i>Timbal (Pb)</i>			
Tingkat umur	3	39,44	0,0001 **
Jenis amelioran	2	40,55	0,0001 **
Proporsi amelioran	2	132,77	0,0001 **
Jenis*proporsi	4	1,48	0,2193 tn
Galat	60		
Total	71		
<i>Timah putih (Sn)</i>			
Tingkat umur	3	3,57	0,0190 *
Jenis amelioran	2	0,46	0,6345 tn
Proporsi amelioran	2	0,08	0,9256 tn
Jenis*proporsi	4	0,46	0,7620 tn
Galat	60		
Total	71		

*) : nyata pada taraf 5% tn : tidak nyata

**) : sangat nyata pada taraf 1%

Proporsi amelioran dari ketiga jenis yang digunakan dibandingkan tailing (dalam berat) mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar Fe, Mn, Cu, dan Pb, tetapi tidak nyata pada kadar Sn tanah (Tabel 6).

Hasil uji berpasangan nilai tengah menunjukkan terdapat kesamaan pola dari keempat logam berat (Fe, Mn, Cu, dan Pb) yaitu ketiga proporsi saling berbeda nyata. Peningkatan proporsi amelioran yang diberikan meningkatkan secara nyata kadar logam berat dalam tailing pada berbagai tingkat umur. Hal ini perlu mendapat perhatian khusus dalam memanfaatkan tailing timah dalam rehabilitasi lahan pasca tambang. Meskipun peningkatan proporsi amelioran meningkatkan dan memperbaiki sifat kimia/kesuburan tanah tetapi ternyata memberikan peningkatan juga pada kandungan logam berat tanah, sehingga perlu diperhatikan pemberian dosis atau proporsi amelioran dengan tailing yang akan memberikan hasil terbaik dalam peningkatan kualitas tanah secara fisik dan kimia tetapi tidak berbahaya dari segi kandungan logam berat.

Meskipun nilai kadar logam berat ini sangat kecil dibandingkan dengan standar yang diperbolehkan, tetapi efek akumulasi (dari rantai makanan) dapat membahayakan manusia sebagai konsumen terakhir, terutama apabila reklamasi ditujukan untuk keperluan budidaya tanaman pangan ataupun hijauan pakan ternak. Kusnopranto (1995) menyebutkan bahwa logam berat tidak pernah terurai atau terdegradasi seperti polutan organik yang dapat terurai oleh sinar matahari atau panas. Logam tersebut dapat ditimbun (dalam *landfill*) dan tercuci ke dalam sedimen, tetapi tidak pernah menghilang seluruhnya dan selalu mengancam di masa mendatang.

Percobaan rumah kaca II

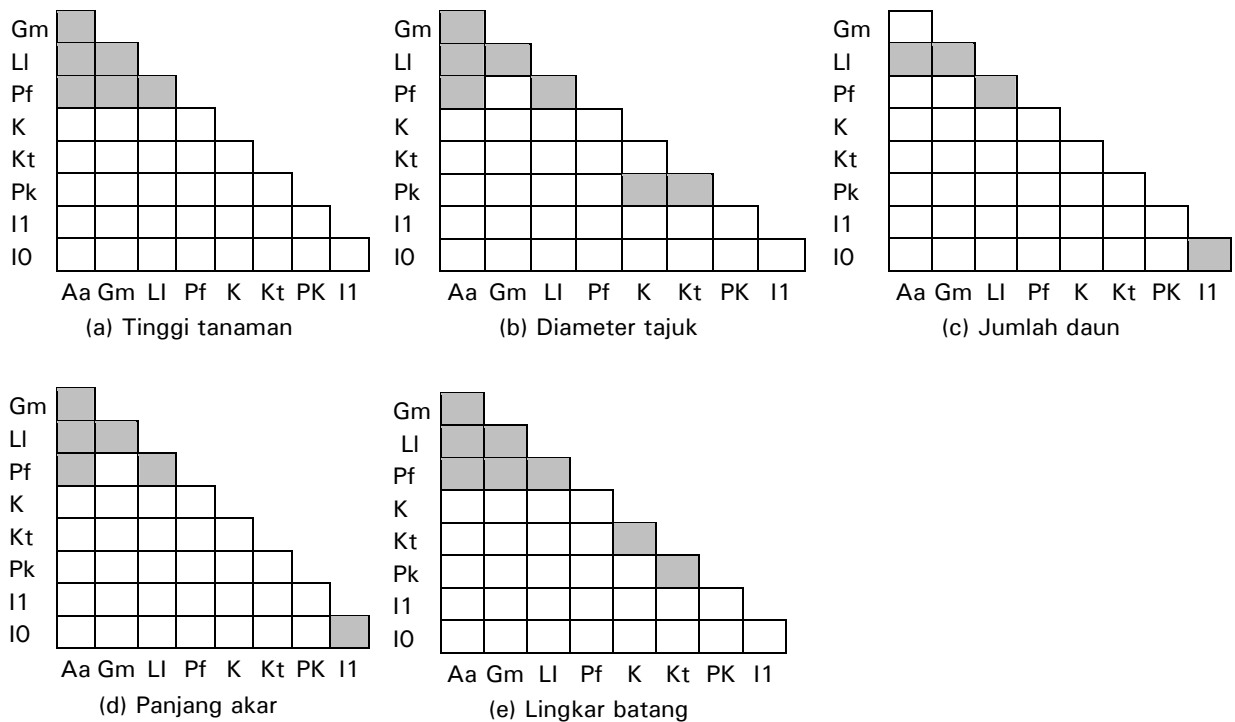
Hasil analisis sidik ragam pengaruh perlakuan media tanam yang digunakan dan inokulan mikoriza menunjukkan perlakuan media tanam dan inokulan mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Tinggi tanaman dipengaruhi sangat nyata oleh jenis tanaman. Gambar 7a menunjukkan hasil uji berpasangan rata-rata tinggi semai *A. auriculiformis*, *G. maculata*, *L. leucocephala*, dan *P.*

falcataria pada minggu ke-10 setelah masa tanam (MST-10). Nampak bahwa tinggi tanaman berbeda nyata antara satu jenis dengan jenis yang lainnya. Adapun urutan tinggi tanaman dari keempat jenis tanaman yang digunakan dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah *L. leucocephala* > *P. falcataria* > *G. maculata* > *A. auriculiformis*.

Hasil analisis sidik ragam diameter tajuk tanaman menunjukkan media tanam dan jenis tanaman yang digunakan berpengaruh nyata terhadap diameter tajuk tanaman. Hasil uji berpasangan diameter tajuk tanaman pada Gambar 7b menunjukkan penggunaan media tanam pupuk kandang satu sama lain berbeda nyata kecuali

antara tanaman *P. falcataria* dengan *G. maculata* tidak berbeda nyata. Urutan diameter tajuk tanaman dari keempat jenis tanaman dari yang tertinggi sampai terendah adalah *L. leucocephala* > *G. maculata* > *P. falcataria* > *A. auriculiformis*.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan inokulan mikoriza berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman, sedangkan media tanam tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman. Hasil uji berpasangan jumlah daun pada Gambar 7c menunjukkan bahwa pemberian inokulan mikoriza pada tanaman berbeda nyata terhadap tanaman yang tidak diberikan inokulan mikoriza. Jumlah daun *L. leucocephala* berbeda



Keterangan :

■ Berbeda nyata pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ □ Tidak berbeda nyata

Jenis tanaman : Gm = Gamal Media tanam : K = Kompos Inokulan : IO = Tanpa inokulan
 LI = Lamtoro Pk = Pupuk kandang I1 = Dengan inokulan
 Aa = Akasia Kt = Kontrol
 Pf = Sengon

Gambar 7. Hasil uji berpasangan pengaruh media tanam, inokulan mikoriza, dan jenis tanaman terhadap lima parameter pertumbuhan tanaman kehutanan

Figure 7. Pair test comparison result of growth media, micorrhiza inoculant, and types of crops for five growth parameters of forestry crops

nyata dengan *A. auriculiformis*, *G. maculata*, dan *P. falcataria*, sedangkan antara 3 jenis tanaman yang terakhir tidak berbeda nyata. Urutan jumlah daun tertinggi sampai terendah adalah: *L. leucocephala* > *P. falcataria* > *A. auriculiformis* > *G. maculata*.

Hasil analisis sidik ragam panjang akar tanaman menunjukkan inokulan dan jenis tanaman berpengaruh nyata terhadap panjang akar tanaman, sedangkan media tanam tidak berpengaruh nyata. Uji berpasangan pada Gambar 7d menunjukkan bahwa pemberian inokulan mikoriza berbeda nyata terhadap tanaman yang tidak diberi inokulan mikoriza, sedangkan untuk perlakuan yang lainnya tidak berbeda nyata. Uji berpasangan panjang akar tanaman berdasarkan jenis tanaman yang digunakan menunjukkan semua pasangan jenis tanaman berbeda nyata kecuali antara *L. leucocephala* dengan *P. falcataria* tidak berbeda nyata.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan media tanam dan jenis tanaman berpengaruh nyata terhadap lingkaran batang tanaman, sedangkan pemberian inokulan mikoriza tidak berpengaruh nyata. Hasil uji berpasangan pada Gambar 7e menunjukkan bahwa lingkaran batang tanaman pada tanaman kontrol berbeda nyata dengan pupuk kandang dan kompos. Urutan lingkaran batang tanaman dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah *G. maculata* > *L. leucocephala* > *P. falcataria* > *A. auriculiformis*.

KESIMPULAN

1. Penambangan timah menyebabkan penurunan kualitas tanah dan jumlah jenis vegetasi alami. Jumlah jenis vegetasi alami meningkat dengan bertambahnya umur tailing setelah penambangan. Kadar pasir lebih banyak tetapi kadar debu dan liat lebih sedikit pada keempat tingkat umur tailing (1, 6, 16, dan 25 tahun). Tingkat umur tailing nyata mempengaruhi pH, KTK, N-total, dan C-organik tanah serta semua logam berat yang dianalisis.
2. Tailing pasca penambangan timah di Sungai Liat Bangka pada empat tingkat umur tailing mempunyai sifat fisik dan kimia tanah yang buruk. Kemasaman tanah berkisar dari sangat masam hingga masam. KTK, basa-basa dapat ditukar, C-organik, dan N-total sangat rendah hingga rendah. Tanah asli yang digunakan sebagai bahan amelioran mempunyai sifat fisik yang lebih baik dari tailing dengan kadar liat yang tinggi.
3. Teknik rehabilitasi lahan dengan menggunakan 4 jenis tanaman kehutanan menunjukkan respon tanaman yang berbeda-beda terhadap perlakuan yang diberikan. Teknik rehabilitasi lahan dengan menggunakan kombinasi antara media tanam pupuk kandang, inokulan cendawan mikoriza arbuskula dan lamtoro (*Leucaena leucocephala*) merupakan teknik yang terbaik dalam merehabilitasi lahan pasca tambang timah.
4. Pemberian amelioran mempengaruhi sifat fisik, kimia dan kadar logam tailing. Jenis amelioran campuran bahan organik-tanah mineral memberikan kadar pasir tertinggi. Kadar debu dipengaruhi secara nyata oleh jenis amelioran tanah mineral. Proporsi amelioran nyata meningkatkan kadar debu dan liat serta menurunkan kadar pasir. Tingkat umur tailing setelah penambangan, jenis dan proporsi amelioran nyata mempengaruhi sifat kimia tanah setelah panen. Nilai pH tanah setelah panen tertinggi dijumpai pada tailing umur 25 tahun sedangkan sifat kimia yang lain tertinggi pada tailing umur 6 tahun. pH tanah dipengaruhi oleh jenis amelioran sedangkan sifat kimia yang lain dipengaruhi oleh jenis amelioran bahan organik.
5. Pemberian jenis amelioran bahan organik nyata meningkatkan kadar Fe, Mn, dan Cu. Kadar Pb dipengaruhi oleh jenis amelioran tanah mineral sedangkan kadar Sn tidak dipengaruhi oleh jenis amelioran. Semua kadar logam berat tanah setelah panen dipengaruhi secara nyata oleh meningkatnya proporsi amelioran.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Y.N., S.R. Untung, dan A. Hakim. 2000.** environmental management at the Selogiri gold mine. Indonesian Mining Journal 6(1):53-61.
- Amriwansyah. 1990.** Evaluasi dan Deskripsi Beberapa Sifat Fisik dan Kimia Tanah Sebelum (Kondisi Tanah Alami) dan Setelah (Kondisi Tanah Kolong) Proses Aktivitas Penambangan Timah di Tiga Lokasi Unit Penambangan Timah Bangka (Tambang 25, 23, dan 45). Wilayah Produksi Pulau Bangka-Sumatera Selatan. Skripsi. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Barrow, C.J. 1991.** Land Degradation. Cambridge University Press. Cambridge.
- Kurniawansyah, A.M., Nurcaerijah, Sukristiyonubowo, dan Subowo. 1999.** Korelasi Sifat Tanah dengan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd-tersebut dalam Tanah. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim, dan Pupuk. Buku II. Lido-Bogor, 6-8 Desember 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Kusnoputranto, H. 1995.** Pengantar Toksikologi Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdikbud. Jakarta
- Latifah, S. 2000.** Keragaan Pertumbuhan *Acacia mangium* Wild. pada Lahan Pasca Tambang Timah (Studi Kasus di Areal Kerja PT. Timah Tbk). Tesis. Program Studi Pengetahuan Kehutanan, Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mulyani, A., M. Soekardi, J.S. Adiningsih, dan L.R. Widowati. 1996** Perbandingan campuran tanah merah dan *Blue Clay* untuk dasar reklamasi lahan di PT. BA Tanjung Enim dengan indikator Tanaman Jagung. *Dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Pertanian dan Agroklimat. Buku II, Bidang Potensi Sumberdaya Lahan. Bogor 26-28 September 1995.
- Nurdin. 2001.** Kontribusi Mikorhiza pada Proses Biogeokimia di Tanah Galian Tambang Emas dan Serapan Haranya untuk Pertumbuhan Semai *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen dan *Acacia mangium* Wild. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pais, I. and J.B. Jones Jr. 1997.** The Handbook of Trace Element. St. Lucie Press. Boca Raton, Florida
- PT. Tambang Timah. 1991.** Studi Evaluasi Lingkungan (SEL) Unit Penambangan dan Unit Peleburan Timah Pulau Bangka. Ringkasan Eksekutif, Vol. 1- 4. PT. Tambang Timah. Pangkal Pinang.
- Ripley, E.A., R.E. Redmann, and A.A. Crowder. 1996.** Environmental Effects of Mining. St. Lucie Press Delray Beach, Florida. Pp 356.
- Ruchiat, Y. 1999.** Pengaruh *Top Soil*, Pupuk dan *Bionature* terhadap Pertumbuhan *Casuarina equisetifolia* Forst & Forst di Lahan Pasca Tambang PT. International Nickel Indonesia (INCO) Soroako, Sulawesi Selatan. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Saptaningrum, H. 2001.** Karakterisasi dan Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Bekas Galian Tambang (*Tailing*) dan Dampaknya terhadap Pertumbuhan Vegetasi. Skripsi. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sitorus, S.R.P. 2002.** Pemberdayaan lahan pasca tambang. Makalah disampaikan pada Seminar Pengelolaan Lingkungan Pasca Tambang. BPPT Jakarta, 25 September 2002.
- _____. 2007. Kualitas, Degradasi, dan Rehabilitasi Lahan. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Tala'ohu, S.H., S. Moersidi, Sukristiyonubowo, J. Purnomo, dan G. Syamsidi. 1998.** Penggunaan Amelioran untuk Perbaikan Sifat Fisik dan Kimia Tanah serta Pertumbuhan Tanaman Penutup Tanah pada Areal Timbunan Sisa Galian Penambangan Batubara di Tanjung Enim. Hlm. 23-41. *Dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Buku IV. Bidang Fisika dan Konservasi Tanah dan Air serta Agroklimat dan Hidrologi. Bogor, 10-12 Februari 1998. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Tim Pusat Penelitian Tanah. 1987.** Laporan Survei dan Penelitian Tanah Pulau Bangka. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.

Lampiran 1. Vegetasi alami di tiap lokasi pengambilan sampel *tailing* di Sungai Liat Bangka

Annex 1. Natural vegetation at each of the tailing sampling locations in Sungai Liat Bangka

No.	Pemali (T0)	Air Jangkang (T1)	Air Jeliti (T6)	Air Limo Selatan (T16)	Sambung Giri (T25)
1.	Kedebi * (<i>Rhodomyrtus tomentosus</i>)	Tidak ada vegetasi	Kedebi	Kedebi	Kedebi
2.	Keramunting (<i>Melastoma affine</i>)		Keramunting	Keramunting	Keramunting
3.	Seru (<i>Schima wallichii</i> Korth.)		Rumput Kalamendo (<i>Ischaemum muticum</i> L.)	Ilalang	Gelam (<i>Melaleuca leucadendron</i>)
4.	Leben (<i>Vitex pubescens</i> Jack.)		Ilalang (<i>Imperata cylindrical</i>)	Rumput SG 1 (<i>Eriachne pallescens</i> R.Br.)	Seru
5.	Kedemang (<i>Eugenia</i> sp.)		Banit (<i>Xylopia caudata</i>)	Simpur (<i>Dillenia suffruticosa</i>)	Rumput SG 1
6.	Pepari (<i>Clerodendrum fragrans</i> (Vent.) Willd)		Bebayu- ***	Kerak ayam (<i>Selaginella frondosa</i> Warb)	Rumput SG 2 (<i>Cymbogon</i> sp.)
7.	Nasi-nasi (<i>Eugenia lineate</i>)		Sayat-sayat/Serendai (<i>Scleria levis</i> Retz.)	Pelangas	<i>Syzygium lineatum</i> (DC.) Merr. & Perry.
8.	Pelangas (<i>Drypetes</i> sp.)		Leben	Sayat-sayat	Ilalang
9.	Pelempang (<i>Adinandra dumosa</i>)		Akasia mangium (<i>Acacia mangium</i>)	Resam (<i>Dicranopteris linearis</i>)	Cengkok manis hutan (<i>Breynia racemosa</i> Muell.Arg)
10.	AN 1 PML- ***			Akasia mangium (<i>Acacia mangium</i>)	Pelawan
11.	Pules (<i>Rourea minor</i> (Gaerth) Leenh)				Pelangas
12.	Pakis (<i>Neprolepis biserrata</i> (Swartz) Schott)				Riang-riang
13.	Mempari (<i>Macaranga gigantea</i> Muell.)				Mempari
14.	Riang-riang- ***				
15.	Pelawan (<i>Tristania obovata</i>)				
16.	Karet (<i>Hevea brasilienses</i>)				
17.	AN 2 PML (<i>Eurya nitida</i> Korth.)				
Jumlah **	17	0	9	10	13

Keterangan :

* Kedebi = kera duduk

** Jumlah jenis vegetasi tiap kelompok umur tailing setelah penambangan

*** Nama botani (nama ilmiah) tidak teridentifikasi